GENERALIDADES DEL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO

Pinzón H. Andrés, Lasso Danna, Vergel Manuela y Sierra Laura

Resumen – Este articulo muestra las generalidades del fracturamiento hidráulico junto con algunas consecuencias de su utilización y normativa referente a este proceso en países como Estados Unidos, China, Argentina y Colombia con lo cual se muestra un panorama general de lo que es el fracturamiento hidráulico su normativa y algunos otros datos importantes referentes a esta técnica

Índice de Términos – Permeabilidad, Yacimientos convencionales y no convencionales, shale gas y shale oil.

I. INTRODUCCION

El fracturamiento hidráulico es una técnica utilizada desde hace muchos años para mejorar los procesos de producción en yacimientos nos convencionales y recientemente se ha empezado a utilizar para explotar yacimientos no convencionales, gracias a los resultados que esta técnica ha dado se han venido optimizando y mejorando estos procesos y cada vez son más comunes sin embargo en varios países europeos este método es rechazado debido a las implicaciones ambientales que conlleva, otro posible motivo de su rechazo es que no son grandes productores por lo que la producción del recurso no es significativa en relación a las implicaciones ambientales que trae consigo. Como todo proceso si no se hacen los estudios necesarios y se tienen en cuenta la mayor cantidad de variables entonces el resultado inminente será una catástrofe, otro factor que lleva a daños ambientales considerables es el incorrecto abandono del pozo

II. MARCO DE REFERENCIA

Marco Teórico

El fracturamiento hidráulico es una de las técnicas más utilizadas para la explotación de yacimientos no convencionales sin embargo esta técnica es utilizada también en yacimientos convencionales para optimizar el proceso de producción. El principal objetivo del fracturamiento hidráulico según los autores Chew y Borbón es aumentar la permeabilidad donde es mínima o generar un medio de transporte para el fluido donde antes por las condiciones petrofísicas no había. Otra definición es la de vizcanio y Doria la cual afirma que el fracturamiento hidráulico consiste en aplicar presión hidráulica a una roca almacén o madre hasta que se produce la falla o la fractura de la misma. En el trabajo de Ceballos se afirma que el fracturamiento hidráulico es la inyección de fluidos dentro de la formación a un Q(caudal) y P(presión) mayor a la presión del yacimiento para crear una fractura en la roca. El fracturamiento hidráulico es la inyección de agua a presión en un yacimiento de arena normal, lo que se quiere con él es aumentar la porosidad de la formación conectando poros desconectados, sirviendo de cañoneo para empezar la producción y el fracking es el uso de fracturamineto hidráulico en formaciones Shale y Shale gas Earthworks,(2013).Fracturamiento/hidráulico recuperado de:https://earthworks.org/publications/fracturamiento_hidraulico/

. Entonces teniendo en cuenta lo anterior podemos decir que el fracturamiento hidráulico también conocido como estimulación hidráulica o hidrofractura es un método que permite por medio de la inyección de fluidos a alta presión en rocas almacén generar una grieta o fractura para que de esta manera se logre el flujo de fluidos antes aislados en los poros no interconectados y asi aumentar la producción del pozo esto sucede en yacimientos convencionales sin embargo si hablamos de este procedimiento pero aplicado a una roca madre es decir a un yacimiento no convencional (fracking) tendremos que se creara la permeabilidad que originalmente no existía en dicha roca y por lo cual el hidrocarburo no migro, dando asi la posibilidad de explotar dicho yacimiento.

Barreto en su tesis menciona a continuación las razones por las cuales se decide aplicar fracturamiento hiraulico:

Presencia de una roca homogénea de baja porosidad y permeabilidad. presencia de un gran daño en la formación en las cercanías a la cara del pozo y resulta de vital importancia que los hidrocarburos sobrepasen este último.

Yacimientos aislados y que no pueden ser alcanzados por métodos convencionales.
Recuperación secundaria para aumentar o mejorar el índice de inyectividad o de productividad de un pozo.

Creación de fisuras interconectadas entre sí o canales en las vecindades del pozo para aumentar la conductibilidad en

procesos mucho más complejos, como alguna inyección de gas o agua y en ocasiones combustiones in situ.

Doria y Vizcaíno en su trabajo de grado afirman que "*TODOS LOS POZOS SON INICIALMENTE CANDIDATOS PARA FRACTURAR, LO IMPORTANTE ES DETERMINAR CUALES NO LO SON*"

Además las autoras mencionan algunos motivos por los que el fracturamiento hidráulico es uno de los métodos más frecuentemente utilizados para la estimulación de pozos con el fin de optimizar la producción.

Sobrepaso del daño a la formación: Mejora la conexión entre el pozo y el yacimiento.

Arenamiento: Permite el control de arenas por medio de trabajos tipo screnless.

Aumento del régimen de producción: La producción se ve bastante afectada siempre y cuando haya suficiente presión de yacimiento para fluir, Por ejemplo un pozo relativamente maduro puede aumentar su producción de 5 a 10 veces sin embargo este valor dependerá de la tecnología empleada.

Mejoras en el recobro final: Gracias al fracturamiento hidráulico es posible extender el periodo de producción antes de llegar al horizonte económico. Esta técnica ´permite la rentabilidad en la explotación de muchos pozos.

Mejor uso de la energía del yacimiento: Permite aprovechar la energía el yacimiento para producir más.

Aumento del régimen de inyección: Existen yacimiento en los que no hay empuje de agua o de gas por lo que se hace necesario tener posos inyectores, el fracturamiento hidráulico puede aumentar la capacidad de estos pozos inyectores y por consiguiente mantener optima la presión de yacimiento para que no afecte la factibilidad económica de la explotación del pozo.

Las razones mencionadas anteriormente son frecuentemente repetidas en la literatura sin embargo es bueno tener en cuenta que el fracturamiento hidráulico no cambia la permeabilidad K de la formación pero crea un camino permeable del fluido hacia el pozo (ceballos pagina 15)

El fracturamiento hidráulico sigue por lo general las etapas mencionadas a continuación:

Colchón: En esta etapa se bombea agua sin agente sustentante, el objetivo de esta etapa es vencer la presión de la formación y lograr la fractura además se busca mantener dicha fractura abierta para inyectar posteriormente el fluido apuntalante, cabe aclarar que a mayor pérdida de fluido por filtraciones mas complicado sera mantener la fractura abierta por lo cual es un factor importante a tener en cuenta.

Fluido con apuntalante: En esta etapa se empieza a inyectar fluido con el agente apuntalante que será el encargado de mantener las fracturas abiertas y además permitir el paso de fluidos a travez de las mismas, en esta etapa es vital que el apuntalante se mantenga suspendido en el fluido ya que de no ser asi se podría generar un asentamiento del apuntalante en la tubería ocasionando el fin de la operación y la perdida de miles incluso millones de dólares.

Limpieza: En esta etapa se busca que la mayor parte de apuntalante quede atrapado en las fracturas y no en la tubería por ello se bombea fluido hasta que esta queda limpia de apuntalante. La cantidad de fluido a bombearse debe calcularse detalladamente para evitar un sobredesplazamiento y que el apuntalante termine fuera de las grietas creadas.

Cierre de la fractura: En esta última etapa se detiene el bombeo de fluido lo que hara que la formación empiece a cerrarse ya que la presión hidráulica disminuyo y no es suficiente para vencer los esfuerzos de la formación, las grietas empiezan a cerrarse pero no por completo gracias al apuntalante, una vez "cerrada" se procede a tratar de recuperar la mayor cantidad del fluido bombeado durante los procedimientos anteriores.

Para que el tratamiento pueda ser llevado a cabo menciona Marrufo que se requieren al menos tres componentes:

Fluidos: Tienen la responsabilidad iniciar y mantener la fractura, la selección del fluido es muy importante ya que este debe ser compatible con la roca, su viscosidad debe reducir al máximo las pérdidas de presión por fricción y gracias a sus condiciones reologicas este debe disminuir su viscosidad al con el paso del tiempo para poder bombearlo fuera de forma mas efectiva y eficiente.

Fluidos base agua (gel lineal o reticulado)
Fluidos base aceite (crudo, refinado y gelificado)
Fluidos multifase líquido-gas (nitrógeno o bióxido de carbono)

Aditivos: Son componentes muy importantes ya que permiten modificar las condiciones del fluido. Los aditivos mas comunes son:

Gelificante: Polímeros de alto peso molecular, solubles en agua, que al ser agregados a una solución acuosa incrementan su viscosidad.

Activadores: Productos utilizados para aumentar la viscosidad del fluido, su objetivo es unir las cadenas de polímeros en el fluido gelificado.

Rompedores: Sustancias que degradan o reducen la viscosidad de los fluidos por medio del rompimiento de las cadenas de polímeros.

Estabilizador de arcillas: Producto cuya función principal es evitar el hinchamiento y migración por contacto entre el agua y las arcillas en la formación.

Controladores de PH: Compuestos que ayudan a mantener un PH determinado, con el fin de propiciar la gelificación y activación del fluido.

Surfactante: Substancia que ayuda a prevenir emulsiones en las zonas productoras, entre los hidrocarburos y el agua del fluido de fractura, evitando así posteriores problemas con viscosidades altas que dificulten la producción.

Bactericida: Compuesto que impide el crecimiento y proliferación de bacterias ya que el agua con la que se prepara el fluido fracturarte sufre contaminación bacteriana que puede degradar rápidamente el fluido reduciendo su viscosidad.

Apuntalantes: El agente apuntalante es el encargado de mantener abiertas las grietas y permitir la migración de fluidos desde el yacimiento hasta el pozo para posteriormente se llevados a superficie(Barreto). Las principales características del apuntalante son:

- Alta permeabilidad,
- Alta fuerza y resistencia a los choques.
- Baja densidad
- insolubilidad en los fluidos de la formación
- la redondez y esfericidad
- la gravedad específica,
- La densidad
- el tamaño de grano
- la solubilidad en ácido,
- el contenido de limo y arcilla
- la, la resistencia a la compresión y el agrupamiento

Algunos tipos de apuntalantes son (marrufo)

- Arenas naturales: Ottawa, Brady.
- Arenas sintéticas: Bauxita, Cerámicos de Resistencia Intermedia (Intermediate Strength Proppants, ISP, por sus siglas en inglés), Cerámicos Livianos (LightWeight Ceramic Proppants, LWCP, por sus siglas en inglés) y Arenas Recubiertas con Resina (Resin Coatet Sands, RCS, por sus siglas en inglés).

Los equipos utilizados para esta operación son los siguientes (Barreto):

El Blender cuya función es mezclar y adicionar correctamente los diferentes aditivos químicos junto con el agente apuntalante

El Gel Pro es un segundo tracto camión que se encarga de controlar el suministro de agua y el tiempo de residencia de la hidratación, junto con su respectivo almacenamiento

Las bombas de fractura son empleadas para lograr o generar las presiones de fractura

El Manifold es el conjunto de varios componentes que tienen como finalidad la concentración de los fluidos provenientes de las bombas de fractura para luego enviarlo hacia la formación.

Los tanques almacenan los fluidos empleados en el fracturamiento hidráulico a excepción del material apuntalante.

La montaña es un dispositivo empleado para almacenar el material apuntalante.

El laboratorio es un lugar equipado con dispositivos que permiten la medición de parámetros para garantizar y controlar óptima, adecuada y precisamente la calidad del agua y la medición de distintos parámetros utilizados en el procedimientos de fracturamiento hidráulico

Mecánica del fracturamiento hidráulico es determinada por las características del reservorio así como las características del fluido, hay tres momentos característicos de la mecánica del fracturamineto y son (marrufo)

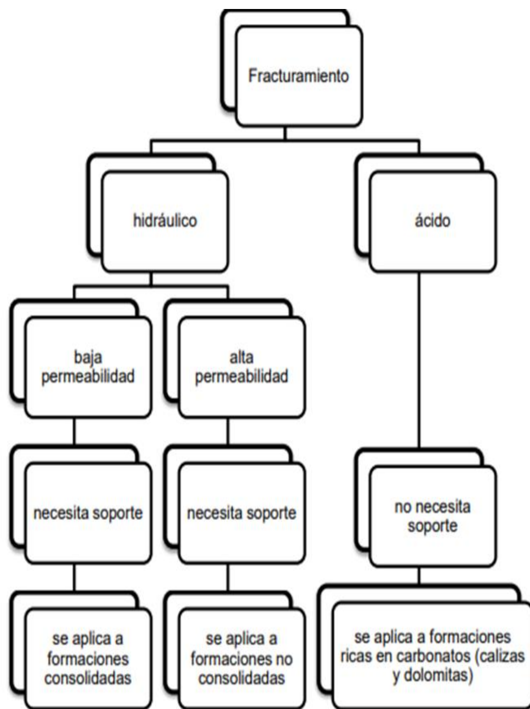
1) Iniciación de la fractura: La fractura inicia cuando la presión hidráulica logra vencer los esfuerzos de la formación y genera una ruptura.

2) Orientación de la fractura: cuando se llevan a cabo operaciones de fracturamiento hidráulico, se deben tener encuenta las magnitudes de cada uno de los esfuerzos que actúan sobre la fractura, puesto que la fractura se crea y se propaga a lo largo de un plano preferencial cuyo sentido siempre es perpendicular al mínimo esfuerzo de la roca, en la mayoría de los casos, el esfuerzo mayor se presenta en la dirección vertical por lo que la dirección de la fractura es en ese mismo plano, un ejemplo gráfico de los esfuerzos que orientan a la fractura se muestra en la Figura Si la diferencia entre las magnitudes de los esfuerzos es muy pequeña, no permitirá que la fractura se propague en una dirección preferencial y no tendrá el efecto que se busca con el tratamiento Es importante resaltar que la orientación de la fractura está ligada fuertemente al estado original de los esfuerzos in-situ, por lo que bajo esta condición, la fractura estará en dirección perpendicular al mínimo esfuerzo independientemente de las condiciones de terminación del pozo, incluyendo la forma, posición y orientación de los disparos

3) Propagación de la fractura: Si después de alcanzar la presión de la fractura de la formación se sigue inyectando fluido, la concentración de esfuerzos alrededor del pozo desaparece y la fractura se extiende en un plano perpendicular al esfuerzo mínimo mientras sigue el camino de la meno oposición o resistencia de la propagación de la misma. Cuando exista diferencia entre los esfuerzos horizontales la fractura

tomara una dirección preferencial por la cual se extiende la fractura.

Tipos de fracturamiento



Referencia
http://132.248.9.195/ptd2017/octubre/0766247/Index.html

Influencia de la configuración del pozo en el fracturamiento hidráulico.

POZOS VERTICALES	POZOS DIRECCIONALES	POZOS HORIZONATALES
· Es la configuración más convencional.	· Son el resultado de cambios en el grado de inclinación.	· Tienen un ángulo de inclinación de 90° en la última trayectoria.
· Son pozos que mantienen una trayectoria sin cambio en sus ángulos de inclinación.	· A lo largo de la trayectoria se presenta este cambio en su inclinación	· Tienen el objetivo de navegar por el centro del espesor de la zona de interés, realizando fracturas a lo largo de la sección horizontal.
· Tienen un ángulo de 0° desde el inicio hasta el fin del pozo, de manera que se atraviese distintas zonas de interés.	· Todo pozo que no sea ni vertical ni horizontal será considerado direccional	· Existen 4 tipos de posos horizontales:
· Estas zonas pueden ser estimuladas mediante un fracturamiento.	· Hay algunos tipos de pozos direcciones muy comunes como:	-Radio ultra- corto
	-Tipo J	-Corto medio
	-Tipo S	-Largo
	-Tipo S modificado	Estos se diferencian en su radio de curvatura, el ángulo de construcción y la longitud de sección horizontal.
	-Incremento continuo	

Fuente propia

RIESGOS DE CONTAMINACION

El fracturamiento hidráulico tiene como principales preocupaciones medio ambientales la contaminación de fuentes de agua potable, especialmente acuíferos superficiales por la migración de metano o fluido de fracturación y el impacto en suelos, especialmente lo relacionado con actividad sísmica inducida. Otra de las posibles afecciones de tipo hidrogeológico provocadas por los procesos de fracturación hidráulica es el consumo de agua necesario para realizar la fracturación.

Riesgos operacionales

Fisuras en el casing y el cemento posterior a su instalación en el pozo: Este grave problema puede generar conexión entre acuíferos de agua potable y el pozo contaminando la fuente de agua y también generando posibles daños a la formación.

Patadas de pozo: Si bien son ocurrencias no tan comunes, son un riesgo que aumenta con el uso de mayor presión el cual tiene varios antecedentes, una patada de pozo puede fácilmente generar contaminación en el área de influencia no solamente con crudo y gas sino

Filtraciones y derrames: este es un riesgo que se asume en cualquier línea de transporte de gas o petróleo, pero dada la masiva cantidad que se genera por el fracking, su ocurrencia aumenta y el impacto al ambiente se vuelve más significativo.

Riesgos ambientales

Los riesgos ambientales que se pueden presentar en un proceso de explotación masiva de petróleo y gas, tiene consecuencias las cuales afectan tanto el subsuelo, fuentes acuíferas y ambientales en general.

- Cambio del uso de suelo
- Afectación de paisajes
- Movimientos en masa
- Activación de fallas geológicas
- Contaminación por derrames y filtración de fluidos
- Acotamiento cambio en la demanda del agua
- Fallas en reinyección
- Contaminación por migración de fluidos
- Cambios químicos, biológicos y mineralógicos
- Emisión de gases de efecto invernadero
- Disminución de calidad de ecosistemas
- Contaminación acústica
- Riesgos laborales
- Desplazamiento de población
- Afectación a patrimonio arqueológico

ACTIVIDAD	COMPONENTE	ASPECTO	RIESGO
Etapas de instalación, producción y post-abandono	Suelo	Ocupación del terreno	• Cambio del uso del suelo • Afectación paisajística
Fracturamiento Hidráulico		Estabilidad del terreno	• Movimientos en masa • Activación de fallas geológicas • Sismicidad
Transporte, almacenamiento o disposición de productos químicos		Calidad del suelo	• Contaminación por derrames y filtraciones de fluidos
Sistema de circulación del fluido	Agua	Uso excesivo del agua	• Agotamiento y cambio en la demanda – oferta anual del recurso (caudal ecológico mínimo)
Manejo de residuos líquidos		Disposición de vertimientos	• Fallas en reinyección, tratamiento o en la disposición parcial
Inyección y reinyección de fluidos		Fuentes subterráneas	• Contaminación por migración de fluidos
Fracturamiento Hidráulico		Fuentes superficiales	• Afectación por disminución del caudal (cambio en los patrones de drenaje) • Contaminación (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas)
Perforación, procesamiento y de transporte	Aire	Huella de carbono y metano	• Emisión de gases efecto invernadero

Fuente: Lopez,C,(2018). ANALISIS DE LOS RIESGOS OPERACIONALES Y AMBIENTALES DEL FRACKING EN LOS ESTADOS UNIDOS. Fundación Universidad América. Recuperado de: http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7127/1/448039-2018-I-GA.pdf

Uno de los riesgos ambientales mas delicados es la contaminación del agua y el uso de la misma para dichos procesos.

El agua que se utiliza en el fracturamiento hidráulico Normalmente proviene de las aguas superficiales, subterráneas, residuales o reutilizados del fracturamiento, además El agua es la base de este fluido desarrollado para realizar. cabe mencionar que esto ha sido un tema de discusión de varios sectores en especial en el medio ambiente ya que existe una gran desinformación sobre un posible mal uso de este recurso, culpando a la industria de contaminar aguas subterráneas que podrían ser utilizadas para el consumo humano.

operaciones de fracturamiento hidráulico. La viscosidad se

obtiene a partir de la adición de tres componentes fundamentales

- Un surfactante (aniónico o catiónico)
- Una sal inorgánica (con carga contraria al surfactante)
- Un controlador de pH (con el mismo catión que la sal)

Aunque la cantidad de agua utilizada en un proceso de fracturamiento hidráulico varía dependiendo del pozo hay estudios que afirman que se puede considerar una cantidad general aproximada de 1.5 millones de galones (5.7 millones de litros). Esta estimación representa una amplia variedad para los tipos de pozos fracturados, siendo los pozos verticales los que utilizan menos agua que los pozos horizontales.

Para ampliar esta información es necesario entender el papel que cumple el agua en este proceso.

En una primera etapa, la fractura hidráulica requiere grandes cantidades de agua para evacuar los cortes de roca durante la perforación. Luego, se debe inyectar grandes volumenes de agua a presion, junto con los productos quimicos, para la creacion y extension de las fracturas. Los volúmenes de agua que se consumen por pozo varían de acuerdo con las características de la formación geológica en la que se realiza el fracturamiento y de las longitudes de los pozos.

Fuentes de agua para inyección.

El agua inyectada en las formaciones porosas puede ser obtenida de diferentes ubicaciones. La fuente de agua, su temperatura y la distribución de la presión durante operaciones de operación e inyección, los problemas de compatibilidad entre las mezclas de agua, y posibles variaciones estacionales en la calidad del agua son todos inconvenientes que pueden afectar la calidad íntegra del agua inyectada, desde una perspectiva de inyectividad teniendo en cuenta el daño y la alteración.

Las fuentes más comunes para la obtención/disposición del agua necesaria son:

- Agua producida de formación.
- Fuentes de agua en superficie (lagos, ríos, océano, etc.)
- Cuerpos de agua superficiales (comúnmente agua potable).
- Formaciones húmedas profundas que puedan actuar como fuentes de agua (comúnmente llamadas acuíferos activos).

La típica agua inyectada puede contener agua de dos o varias de estas fuentes hídricas, mezcladas en una variedad de posibles relaciones a lo largo de la vida del proyecto de inyección.

Parámetros comunes de la calidad del agua.

Los parámetros de calidad del agua se pueden subdividir en varias categorías para propósitos de evaluación:

- Composición iónica.
- Contaminantes químicos.
- Sólidos suspendidos.
- Escamas y potencial de precipitados.
- Contenido de aceite/grasas/hidrocarburos.
- Contenido de gas no condensable.
- Contenido de bacterias.

El fracking según Ecopetrol además de riesgos también trae beneficios de carácter económico y se mencionan a continuación (datos validos para el 2014):

- 2,7 Millones de empleos
- 2/3 empleos en industrias no petroleras²
- Ahorro en energía: 800 USD/hogar año
- 430 BUSD de PIB (> PIB COL)
- 110 BUSD Ingresos Fiscales

III. Marco legal

Al ser el fracturamiento hidráulico un proceso tan antiguo se cuenta con una gran cantidad de normativas respecto a algunas de las actividades mas frecuentes relacionadas con el tema lo cual demuestra lo regulada que esta la industria petrolera. El fracturamiento hidráulico es utilizado por varios países sin embargo en europa han sido muy reacios esto se puede entender debido a que su matriz energética y economía no es muy dependiente de los combustibles fosiles.

Licencias y normas para el fracturamiento hidráulico

Esta técnica ha generado gran controversia a través del mundo es por esto que aquellos países que utilizan esta técnica para la explotación de hidrocarburos han venido creando y estableciendo ciertas normativas tratando de abarcar todos los temas de interés respecto a esta práctica tanto en técnica como en el medio ambiente, esto con la finalidad de evitar consecuencias negativas.

A través de la lectura para la realización de este trabajo se analizó un estudio sobre las normativas legales establecidas en países como Colombia, argentina y estados unidos. cabe resaltar que fueron escogidos por el gran aporte que han

venido representando al desarrollo del fracking como técnica usada en la extracción de hidrocarburos provenientes de yacimientos no convencionales.

Por ejemplo, en Colombia Entre 2012 y 2013, se hicieron cuatro talleres con una comisión de expertos que asesoro el proceso de regulación del *fracking* en Colombia, el entonces presidente de Colombia Juan Manuel Santos se reunió con Deutch para revisar la conveniencia de la implementación de esta técnica en el país. Mientras tanto, desde la sociedad civil se escuchaban preocupaciones y voces de rechazo ante la posible entrada del *fracking* a Colombia. *La prohibición del* fracking *en Colombia como un as* 34 *pecto de política pública* El MME expidio en diciembre de 2013 el decreto 3004 que establecio los criterios para la exploracion y explotacion de hidrocarburos en YNC y que ordeno la expedicion de normas tecnicas y de procedimientos en materia de integridad de pozos, fluidos de retorno y otros aspectos técnicos.

Actualmente, el decreto 3004 de 2013 y la resolución 90341 de 2014 se encuentran suspendidos por una decisión provisional del Consejo de Estado, en tanto toma una decisión de fondo. Un antecedente importante de esta decisión es el conocimiento de informe donde se señaló que el MME, el MADS y la ANLA, no cuentan con suficiente información geológica propia sobre aguas subterráneas, neo tectónica y sobre los ecosistemas posiblemente afectables por esta técnica, información que debe constituir la línea base de los términos de referencia que permita establecer los criterios suficientes para evaluar la eventual afectación a los bienes naturales. Igualmente, la Contraloría advirtió que la apuesta en Colombia por el fracking, falta a principios constitucionales como los de Prevención y Precaución.

En 2011, se autorizaron las primeras licencias ambientales para proyectos de exploración de hidrocarburos en YNC en los bloques Sueva y Chiquinquirá, en Cundinamarca y Boyacá, respectivamente por otro lado, Argentina no presenta una ley nacional o un reglamento específico para la extracción y explotación de hidrocarburos, sin embargo, la regulación de explotación de los hidrocarburos en argentina avanzó conforme el decreto 1483/2012, el cual busca establecer una normativa pertinente para este tipo de yacimientos.

Debido a lo anteriormente mencionado, la regulación del fracking en Argentina se ve limitado a los reglamentos y leyes que definan aspectos como: evaluaciones de impacto ambiental, participación pública, el acceso a la información, el régimen aplicable a los residuos, el régimen jurídico del uso y consumo del agua, la ley de protección de glaciares, las posibles normas ambientales internacionales a las que se vea reglamentado dicho país[7].

En estados unidos el marco regulatorio se ve regulado según el estado en donde se practique esta técnica, es decir, cada territorio es independiente de imponer ciertas leyes según considere pertinente, pero en general el problema que afecta en gran proporción a este pais con la implementación del fracking tiene que ver con la contaminación de fuentes hídricas debido a los aditivos químicos que esta necesita para su adecuada implementación.

el marco regulatorio en Estados Unidos en cuanto a la gestión del uso del agua es presenta algunos déficits al no contemplar ni tener presente la protección y preservación suficiente a la salud humana y del medio ambiente
Sin embargo la legislación en Estados Unidos se ve acobijada según los tratados a los que esta hace parte como lo son la Declaración de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano en el año de 1972; el Protocolo de Montreal en el cual se regularon las sustancias que acaban con la vida útil de la capa de ozono realizada en el año de 1987; La convención sobre los Humedales realizada en Irán en el año de 1971; el acuerdo sobre el Medio Ambiente del Mercosur en el año del 2001 la cual iba en pro de la Gestión Sustentable de los Recursos Naturales; y finalmente El protocolo de San Salvador en el año de 1988[8].

A continuación se mostraran las leyes y decreto por país para dos de las operaciones mas comunes del fracturamiento hidráulico .

Manejo de Vertimientos

Estados unidos: Las descargas de aguas de producción tratadas en Plantas Especiales de Tratamiento de Fluidos (CWT- Centralized Waste Treatment Facilities) a cuerpos de aguas superficiales son permitidas en algunas localidades de ciertos estados, siempre y cuando dichas facilidades se acojan al programa de permisos de la EPA, NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System), y a los estándares de efluentes basados de este Programa, los cuales están basados en la norma 40 CFR 437, aunque las autoridades ambientales estatales también han permitido vertimientos de estos fluidos bajo la norma 40 CFR 435. Según la EPA (2015), en este país son siete las facilidades que cuentan con permiso de vertimientos de aguas de producción sobre cuerpos de agua superficial, de las cuales cinco se encuentran en el estado de Pennsylvania y bajo renovación de permisos temporales de vertimientos por parte de la autoridad ambiental (PADEP): (I). Eureka Resources – Standing Stone Facility, Bradford County, (II). Casella Altela Regional Environmental Services (CARES) McKean Facility, (III). Clarion Altela Environmental Services (CAES) Facility, (IV). Fluid Recovery Service Josephine Facility y (V). Hart Resources Creekside Facility, (VI). Judsonia Water Reuse *Recycling Facility, en Arkansas, y finalmente, (VII). Wellington Operating Company, LLC – 3W Production Water Treatment Facility, en Colorado*

Canadá:

La directiva 58 de la AER prohíbe expresamente el vertimiento de flowback y aguas de producción en cuerpos de

agua superficial, sin importar si estas se han sometido previamente a un tratamiento fisicoquímico.

Argentina:

En la Provincia de Neuquén, el artículo 11 del Decreto 1485 de 2012, por medio del cual se aprueba el Anexo de Normas y Procedimientos para la exploración y explotación de reservorios no convencionales, define claramente que "el agua proveniente de retornos (flowback), cualquiera sea su estado o encuadramiento permisible dentro de las normas vigentes, no podrá ser vertida sobre cuerpos de aguas superficiales, bajo ninguna condición; ni podrá ser almacenada previa y durante su tratamiento en receptáculos a cielo abierto.

CHINA:

En este país aún no se ha legislado en el manejo de vertimientos debido a la exploración y explotación de YNC. Sin embargo, se aplica la normatividad establecida para yacimientos convencionales; al respecto, el Artículo 11 de la ley de prevención y control de la contaminación del agua asegura que las entidades competentes bajo el Consejo de Estado y los gobiernos populares locales deberán hacer planes racionales para la ubicación de industrias (incluyendo la petrolera), y asegurarse de que si estas llegan a causar contaminación del agua se comprometan a renovaciones técnicas para cumplir los estándares normativos de descargas a cuerpos de agua superficial, reduciendo además la cantidad de aguas residuales generadas y de contaminantes vertidos Además, en el Artículo 13 de esta Ley se asegura que elinteresado debe realizar una declaración de impacto ambiental evaluando los peligros de contaminación del agua que el proyecto probablemente produzca y su impacto en el ecosistema, con las medidas de prevención y control que se proporcionan en el mismo; presentando la información de soporte al departamento de protección ambiental correspondiente, para su revisión, eventual corrección y aprobación. Finalmente, en el Artículo 14, se comenta que también debe allegarse detalles del tratamiento, cantidades y concentraciones de contaminantes vertidos así como de información técnica pertinente relativa a la prevención y el control de la contaminación del agua. En China, las normas de protección ambiental enfocadas a la exploración y explotación de yacimientos no convencionales son muy incipientes y se guían por lo estipulado para yacimientos convencionales. En cuanto al manejo de aguas de producción, estas también figuran fuera de regulación y no están concebidas bajo la categoría de sustancias contaminantes en la legislación ambiental china.

COLOMBIA:

En el Anexo de la Resolución 0421, numeral 7.3.1 se asegura que "…el vertimiento en cuerpos de agua no será permitido para la exploración de YNC", reiterándose en el numeral 6.1 que para la actividad de exploración de YNC no se permite ningún tipo de vertimiento sin previo tratamiento ni vertimientos en cuerpos de agua, excepto para agua residual doméstica, la cual debe cumplir con los parámetros establecidos en el Decreto 3930 de 2010 o el que lo modifique, adicione o sustituya, pudiéndose disponer estas aguas residuales domésticas en suelos, cumpliendo los requisitos del numeral 6.2 de esta Resolución y del Artículo 2.2.3.3 del Decreto 50 de 2018. Por otro lado, el parágrafo 3, Artículo 2.2.3.3.4.9 de este Decreto establece que "…para la actividad de exploración y producción de YNC, no se admite el vertimiento al suelo de agua de producción y el fluido de retorno".
Finalmente, en la Resolución 631 de 2015 establece en su Artículo 11- Parágrafo 2 que "…para la actividad de exploración y producción de YNC no se admite el vertimiento de las aguas de producción y de los fluidos de retorno a los cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público, hasta tanto este Ministerio cuente con la información técnica que le permita establecer los parámetros y sus valores límites máximos permisibles".

Reinyección de flowback –aguas de producción

Estados unidos
Estos fluidos pueden ser reinyectados en pozos Clase II (asociados con la producción de crudo y gas natural). Para ello, los dueños y operadores de este tipo de pozos deben cumplir con lo establecido en el Safe Water Drinking Act (SWDA), sección 1422 (regula protocolos de construcción, operación, monitoreo, reportes a la Autoridad Ambiental y la EPA y requisitos de clausura de pozos), así como la sección 1425 en donde se debe demostrar que los estándares adoptados son efectivos para la protección y evitar poner en peligro acuíferos mediante requerimientos de permisos, inspecciones, monitoreo y sus registros y de reportes a la Autoridad Ambiental y la EPA

Canadá

En la Provincia de Alberta, bajo la Directiva 51 se regula la disposición de reinyección de flowback y aguas de producción, las cuales son permitidas en pozos de inyección Clase I o Clase II. Los pozos Clase I se utilizan para la reinyección de flowback y aguas de producción, así como de residuos líquidos de la industria petrolera que deben cumplir estándares fisicoquímicos establecidos por la AER; los pozos Clase II también se pueden emplear para reinyectar flowback y aguas de producción o aguas con altos contenidos de sales de la explotación de yacimientos convencionales (Alberta IL 94 -02 Injection and disposal Wells). Por otro lado, existen dos subclases para la Clase I (Clase Ia y Ib), los pozos clase Ib y II requieren revestimiento de cemento al atravesar acuíferos y no requieren un monitoreo diario o estrictos parámetros de operación tales como los requeridos para los pozos de la Clase Ia que además son empleados para inyección de desechos industriales. La regulación se concentra en la integridad del pozo, la compatibilidad de la formación y los fluidos inyectados en procura de evitar su migración a formaciones supra yacentes.

Argentina

En la Provincia de Neuquén, el artículo 10 del Decreto 1485 de 2012, por medio del cual se aprueba el Anexo de Normas y Procedimientos para la exploración y explotación de reservorios no convencionales, define que "el agua de retorno (flowback), deberá ser sometida en su totalidad, a un sistema de tratamiento que garantice su encuadre en los parámetros de vertido establecidos en la Ley 899 y Decreto Reglamentario No. 790/99 y supletoria, Ley Nacional 24051 y *su Decreto* Reglamentario No. 831/93, para las siguientes alternativas de reutilización y disposición: (a). Reúso en la industria hidrocarburífera, (b). Reúso asociado a un proyecto productivo o de recomposición ambiental del área intervenida, con la aprobación de la autoridad de aplicación de las Leyes 899 y 1875 y (c). Disposición final en pozo sumidero, conforme lo que se prevea en la reglamentación"(j). Frente a la reinyección, el artículo 33 del Decreto 831/93 habla que la inyección profunda solo puede ser aplicada si se cumplen las siguientes condiciones: (1). Que el horizonte receptor no constituya fuente actual o potencial de provisión de agua para consumo humano/agrícola y/o industrial que no esté conectada al ciclo hidrológico actual, (2). La formación geológica del horizonte receptor debe ser miocénica, (3). Las profundidades permitidas de inyección son del orden de 2.000 a 3.500 mts por debajo de la superficie del terreno natural, (4). El tipo de corriente residual posible de inyectar está constituida por: lixiviado, agua de lavado de camiones, agua de lluvia acumulada en el área del sistema de contención de tanques, etc. En general el grado de contaminación es ínfimo y constituido por sustancias inorgánicas, y (5). Se debe demostrar que no habrá migración del material inyectado de la zona receptora permitida durante el período que el residuo conserve sus características de riesgo.

China

cantidad de aguas residuales generadas y de contaminantes vertidos Además, en el Artículo 13 de esta Ley se asegura que el interesado debe realizar una declaración de impacto ambiental evaluando los peligros de contaminación del agua que el proyecto probablemente produzca y su impacto en el ecosistema, con las medidas de prevención y control que se proporcionan en el mismo; presentando la información de soporte al departamento de protección ambiental correspondiente, para su revisión, eventual corrección y aprobación. Finalmente, en el Artículo 14, se comenta que también debe allegarse detalles del tratamiento, cantidades y concentraciones de contaminantes vertidos así como de información técnica pertinente relativa a la prevención y el control de la contaminación del agua
Colombia. En China, las normas de protección ambiental enfocadas a la exploración y explotación de yacimientos no convencionales son muy incipientes y se guían por lo estipulado para yacimientos convencionales. En cuanto al manejo de aguas de producción, estas también figuran fuera de regulación y no están concebidas bajo la categoría de sustancias contaminantes en la legislación ambiental china.

Colombia

En el Anexo de la Resolución 0421, numeral 7.3.1 se asegura que "…el vertimiento en cuerpos de agua no será permitido para la exploración de YNC", reiterándose en el numeral 6.1 que para la actividad de exploración de YNC no se permite ningún tipo de vertimiento sin previo tratamiento ni vertimientos en cuerpos de agua, excepto para agua residual doméstica, la cual debe cumplir con los parámetros establecidos en el Decreto 3930 de 2010 o el que lo modifique, adicione o sustituya, pudiéndose disponer estas aguas residuales domésticas en suelos, cumpliendo los requisitos del numeral 6.2 de esta Resolución y del Artículo 2.2.3.3 del Decreto 50 de 2018. Por otro lado, el parágrafo 3, Artículo 2.2.3.3.4.9 de este Decreto establece que "…para la actividad de exploración y producción de YNC, no se admite el vertimiento al suelo de agua de producción y el fluido de retorno". Finalmente, en la Resolución 631 de 2015 establece en su Artículo 11- Parágrafo 2 que "…para la actividad de exploración y producción de YNC no se admite el vertimiento de las aguas de producción y de los fluidos de retorno a los cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público, hasta tanto este Ministerio cuente con la información técnica que le permita establecer los parámetros y sus valores límites máximos permisibles".
La Resolución 181495 de 2009 establece en su Artículo 51 que "…Todo proyecto de disposición de agua producida debe estar previamente autorizado por el MME, diligenciando el Formulario 20 - Informe Mensual sobre Inyección de Agua y Producción (Recuperación Secundaria)- . La capacidad de inyección dependerá de los resultados de la prueba de inyectividad, para lo cual será diligenciado previamente el Formulario 7 -Permiso para trabajos posteriores a la terminación oficial Por otro lado, en la Resolución 90341 de 2014, en su Artículo 15 habla de "…proveer un análisis de riesgo de afectar acuíferos aprovechables para consumo humano o la migración de fluidos a otras formaciones diferentes a las sujetas a aprobación para reinyección, y que antes de iniciar la inyección se debe verificar la integridad mecánica del pozo para asegurar que no haya fugas ni movimiento de fluidos que puedan llegar a afectar acuíferos aprovechables, para lo cual se podrán usar registros de temperatura, integridad del cemento, trazadores, entre otros. Resultados que deberán remitirse al MME. La Resolución D-149 de 2017 habla que …" antes de empezar las operaciones de estimulación hidráulica y las actividades de inyección de fluido de retorno y agua de producción, el operador deberá presentar a la Dirección de Geoamenazas del SGC un informe suscrito por el Representante Legal que contenga como mínimo lo Antes de empezar las operaciones de estimulación hidráulica y las actividades de inyección de fluido de retorno y agua de producción el operador deberá presentar a la Dirección de Geoamenazas del SGC un informe suscrito por el Representante Legal que contenga como mínimo lo estipulado en el Artículo 2 de esta Resolución. Finalmente, en el Anexo de la Resolución 0421, en su Numeral 3.2.4 se regula sobre los requisitos técnicos que los operadores deben cumplir para la reinyección de aguas de producción y de formación y en los Numerales 7.4.1 y 7.4.2 de los requisitos a cumplir por parte de los operadores en el caso de que se decidan reinyectar en pozos inyectores nuevos y/o pozos inyectores existentes, respectivamente.

Las normativas están sin embargo si estas no se cumplen puden tener repercusiones irreversibles sobre el medio ambiente debido a que este proceso implica una gran cantidad de recursos.

IV. Antecedentes caso Colombia

El fracturamiento hidráulico ha cambiado la industria petrolera y ha facilitado la manera de aumentar reservas de hidrocarburo a nivel mundial además de generar ingresos y empleo; esta técnica permite desarrollar la sostenibilidad de muchos países en los que la perforación de yacimientos convencionales no es económicamente viable, como es en el caso de Colombia, país el cual tiene un potencial geológico de yacimientos no convencionales que podrían generar un crecimiento y aceleración en la economía, esto generaría independencia, ya que debido a las pocas reservas con las cuales cuenta el país es cuestión de tiempo para que la importación de petróleo sea una realidad, así que, el fracturamiento hidráulico es una técnica que permitirá a Colombia ser un país autosostenible.

"Como se conoce, el fracturamiento hidráulico ha generado un cambio en el sector energético en los últimos años, aumentando la producción de aceite y gas natural en muchos países desarrollados como en el caso de Estados Unidos, país que se ha visto dirigido por extracción de recursos como gas, aceite y otros hidrocarburos encerrados en sandstones, shales y otros tipos de formaciones de baja permeabilidad. Estas rocas fueron conocidas por contener hidrocarburos y han servido como fuente de muchos yacimientos convencionales de aceite y gas, pero debido a su baja porosidad y permeabilidad, el gas y aceite contenido en ellas es generalmente irrecuperable debido a los precios que requiere extraer estos recursos.

Los impactos que el petróleo y el gas natural de yacimientos no convencionales han tenido estimaciones de recursos y producción recuperables han sido profundad. Se estima que numerosos países, incluidos Argelia, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Francia, Libia, México, Polonia, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos y Venezuela poseen al menos 3x10^12m [-100 billones ft (Tfc)], al menos 60 años de uso global actual en gas sHale recuperables en 2013) y las estimaciones globales de los recursos de aceite son de 345 mil millones de barriles. En Estados Unidos, las estimaciones medias para el recurso de shale gas técnicamente recuperable se duplicaron de 6000 – 1000 Tcf y el aceite técnicamente recuperable es de 58Bbbl, además no solo se han incrementado las estimaciones de recursos recuperables, sino que también se ha aumentado la producción de petróleo y gas natural. En Canadá, la producción de petróleo liviano a partir de lutitas, areniscas y otras formaciones impermeables aumento de 0 a 160,000 barriles por día en Saskatchewan, Alberta y Manitoba". Jackson R, Vengosh A, Carey W, Davies R, Darrah T, O'Sullivan F, Pétron G. The Environmental Costs and Benefits of Fracking, 2014, pág 329.

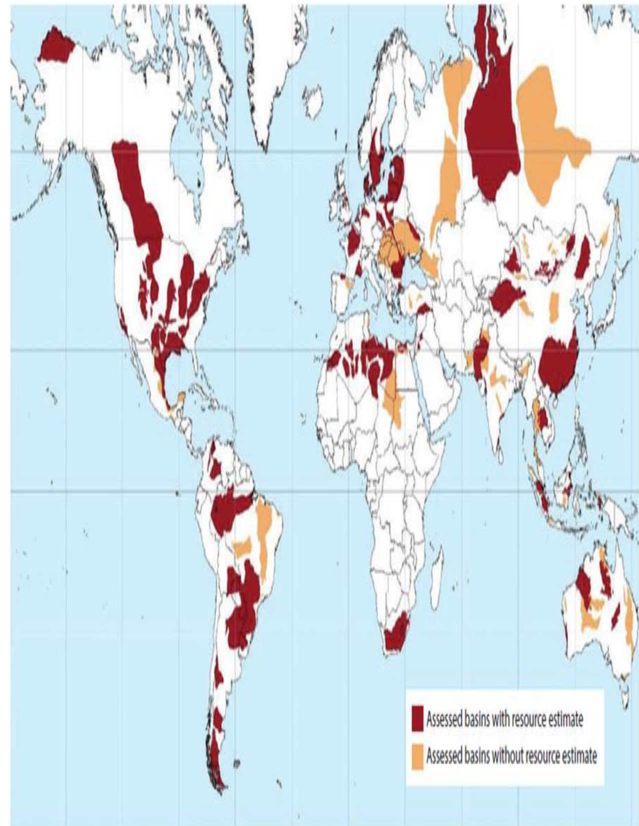


Imagen. Cuencas con reservas de sale gas y sale oil a Junio de 2013. Jackson R, Vengosh A, Carey W, Davies R, Darrah T, O'Sullivan F, Pétron G. The Environmental Costs and Benefits of Fracking.

Esto muestra que el fracturamiento hidráulico es ideal para aumentar las reservas de hidrocarburos y "en el caso específico de Colombia En el caso específico de Colombia, existen diversos estudios sobre la presencia, reservas y el potencial productivo de este tipo de yacimientos. Según Visión Ecopetrol (2011), en un informe presentado sobre la estimación de gas no convencional en el país, Colombia tendría más de 430 Tcf de hidratos de metano en el Valle del Cauca y la costa Atlántica, y entre 10 a 31 Tcf de shale gas en las regiones del Catatumbo, Magdalena Medio, centro occidente de Boyacá y suroccidente de Cundinamarca. Todas estas regiones, además del sur de Bolívar, Santander y Guajira y la parte media de Córdoba y Cesar, tienen potencial presencia de yacimientos en roca generadora. Según datos de la U.S. EIA del año 2013, el país tendría en yacimientos no convencionales 55 Tcf y 6800 mlbs técnicamente recuperables". Contraloría general de la república, Riesgos y Posibles Afectaciones Ambientales al Emplear la Técnica de Fracturamiento Hidráulico en la Exploración y Explotación de Hidrocarburos en Yacimiento No Convencionales en Colombia,pág 17.

Pero a pesar de que el fracturamiento hidráulico es uno de los métodos de perforación que puede empujar económicamente

al país siempre se ha presentado una gran controversia alrededor de este tema, ya que la preocupación de los ciudadanos y de la comunidad en general es la cantidad de agua limpia que será "contaminada" para poder realizar esta técnica, ya que para esto el agua tiene que contener diversos tipos de químicos y arena para que sea optima y pueda realizar su función, la cual es, romper la roca impermeable para que el aceite y gas que esta contenido en ella fluya a través de la tubería y hacia la superficie, pero estas no son la únicas preocupaciones que han acompañado al auge del fracturamiento hidráulico también el hecho de la posible contaminación de aguas subterráneas, degradación del aire, emisiones de gas invernadero, sismicidad inducida(aumento de temblores en la zona de perforación), fragmentación del ecosistema, entre otros pero, estos problemas no son únicos a la perforación de yacimientos no convencionales, muchos de estos también son generados por el gran crecimiento de otro tipos de industrias que generan agentes contaminantes y que pasan desapercibidas ya que no obtienen tanta atención como el sector petrolero.

V. Conclusión

El fracturamiento hidráulico es una opción viable para el mejoramiento de los procesos de producción de hidrocarburos sin embargo conllevan un gran riesgo ambiental, por lo cual es una técnica que no puede ser usada a la ligera la rigurosidad es fundamental a la hora de la implementación de la misma

VI. Bibliografía

[1] Paul Ceballos, *OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION MEDIANTE FRACTURAMIENTO HIDRAULICO*. QUITO, ECUADOR, 2009.

[2] NICOLAS BARRETO TORRES, *PANORAMA ACTUAL DE LA FRACTURACION HIDRAULICA A PARTIR DEL ANALISIS DE LOS PROCESOS E IMPACTOS AMBIENTALES RECOPILADOS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS EN USA Y ARGENTINA*. BOGOTA, COLOMBIA, 2016.

[3] LORENA VIZCANIO AND LINDA DORIA, *SELECCION DE POZOS DISEÑO Y ANALISIS ECONOMICO PARA TRABAJOS DE FRACTURAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAMPO SANTA CLARA*. BUCARAMANGA , COLOMBIA : UIS, 2007.

[4] Kenneth J. Chew, "The future of oil:," *THE ROYAL SOCIETY A*, pp. 6-7, MAYO 2014.

[5] SLUMBERGER, "FRACTURAMIENTO HIDRAULICO ," *OILDFIEL REVIEW* , vol. 25, no. 2, pp. 57-58, VERANO 2013.

[6] SPE, "Hydraulic Fracturing technology ," , Texas USA, 2008, pp. 30-31.

[7] Marrufo P, *ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DEL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO EN FORMACIONES DE BAJA PERMEABILIDAD*. MEXICO : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO , 2019.

[8] (2013, FEBRERO) EARTHWORKS. [Online]. HYPERLINK "https://earthworks.org/publications/fracturamientohidraulico/" https://earthworks.org/publications/fracturamientohidraulico/

[9] VENGOSH A, CAREY W, DAVIES R, DARRAH T, O'SULLIVAN F, PÉTRON G JACKSON R, "THE ENVIROMENTAL COSTS AND BENEFITS OF FRACKING ," P. 239, MARZO 2014.

[10] BBC. (2017) ¿QUE ES EL FRACKING Y PORQUE GENERA TANTAS PROTESTAS? [Online]. HYPERLINK "https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/131017_ciencia_especial_fracking_abc_am" https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/10/131017_ciencia_especial_fracking_abc_am

[11] CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA, "RIESGOS Y POSIBLES AFECTACIONES AMBIENTALES AL EMPLEAR LA TECNICA DEL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO EN LA EXPLORACION Y EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES EN COLOMBIA ," CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA , BOGOTA , CIENTIFICO 2018.

[12] EPA, "assessment of the potencial impacts of the hydraulic fracturing for oil and gas on drinking water sources ," informe ejecutivo 2015.

[13] ACHARYA, "VISCOELASTICITY OF CROSSLINKED FRACTURING FLUIDS AND PROPANT TRANSPORT ," SPE, 16221, 1987.

[14] "LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA LA ASIGNACIÓN DE LOS DERECHOS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE GAS METANO EN DEPÓSITOS DE CARBÓN," 2018.